

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

02.4 2004

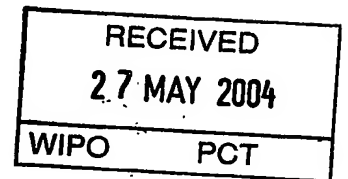
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 4月 2日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-099541  
[ST. 10/C]: [JP2003-099541]

出 願 人  
Applicant(s): 三菱住友シリコン株式会社  
学校法人 漢陽学園

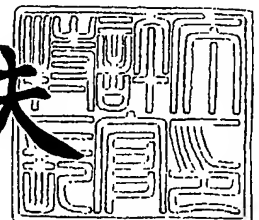


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 5月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 2002M014

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/302

【発明の名称】 半導体基板およびその製造方法

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 神山 栄治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式会社内

【氏名】 加藤 健夫

【発明者】

【住所又は居所】 大韓民国ソウル市城東区杏堂1洞17 学校法人 漢陽学園内

【氏名】 朴 在勤

【特許出願人】

【識別番号】 302006854

【氏名又は名称】 三菱住友シリコン株式会社

【特許出願人】

【住所又は居所】 大韓民国ソウル市城東区杏堂1洞17

【氏名又は名称】 学校法人 漢陽学園

【代理人】

【識別番号】 100094215

【弁理士】

【氏名又は名称】 安倍 逸郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 037833

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【物件名】 代理権を証明する書面 1

【援用の表示】 同日付で提出の包括委任状を援用する。

【包括委任状番号】 0203779

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体基板およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 活性層用ウェーハの一部を剥離して支持基板上に形成した活性層の表面を、活性層の厚さを制御することを目的に、エッチング作用を有する溶液により  $1\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{ m}$  だけエッチングし、最終活性層の厚さが  $200\text{ nm}$  以下とした貼り合わせ基板。

【請求項 2】 活性層用ウェーハの一部を剥離して支持基板上に形成した活性層の表面を、活性層の厚さを制御することを目的に、エッチング作用を有する溶液により  $1\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{ m}$  だけエッチングし、最終活性層の厚さが  $200\text{ nm}$  以下とした貼り合わせ基板の製造方法。

【請求項 3】 上記エッチングでのエッチング速度が、 $100\text{ nm/分}$  以下である請求項 2 に記載の貼り合わせ基板の製造方法。

【請求項 4】 上記エッチング作用を有する溶液が、アルカリ剤と酸化剤とを含む  $\text{pH } 9$  以上の溶液である請求項 2 または請求項 3 に記載の貼り合わせ基板の製造方法。

【請求項 5】 上記エッチング溶液が、アンモニア水溶液と過酸化水素水を含む  $\text{pH } 9$  以上の溶液である請求項 2 または請求項 3 に記載の貼り合わせ基板の製造方法。

【請求項 6】 上記エッチング後、上記活性層の厚さを測定し、得られた測定データに基づき、この活性層の厚さがその全域で所定厚に近づくまで、上記エッチングを繰り返す請求項 2 ～請求項 5 のうちのいずれか 1 項に記載の貼り合わせ基板の製造方法。

【請求項 7】 上記エッチング後またはエッチング前の活性層表面に対して

- (1) 化学的作用と機械的作用を同時に利用する化学的機械的研磨、
- (2) 水素を含む還元雰囲気中で熱処理する水素処理、
- (3) 上記活性層にシリコン酸化膜を形成し、その後、上記剥離時の活性層のダメージ部分とともにシリコン酸化膜を除去する工程のうちの少なくとも 1 つを施す

請求項 2～請求項 6 のうちのいずれか 1 項に記載の貼り合わせ基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は貼り合わせ基板およびその製造方法、詳しくは活性層基板の一部を剥離して形成された活性層、特にこの活性層薄膜の厚さが  $0.2\mu\text{m}$  以下と薄くても、活性層の剥れを生ずることなくその表面全域で均一な厚さを有する貼り合わせ基板およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

貼り合わせ基板は、支持基板とこれと異なる性質を持つ活性層基板とを貼り合わせ、支持基板単独とは異なる性質を持たせることから、特に半導体の分野では広く研究されている（非特許文献 1）。貼り合わせ基板の代表としては、SOI（Silicon On Insulator）基板がある。SOI 基板においては、その支持基板として、シリコンのポリッシュドウェーハ（PW）を用いるのが一般的である。

一方、シリコン基板上に構成される LSI の高集積化、多機能化の要請がきびしくなるにつれ、配線での信号遅延が重要な課題となっている。従来の LSI は、厚さ  $500\sim 800\mu\text{m}$  のシリコンウェーハの表層（表面から十数  $\mu\text{m}$  の部分）に、電気回路素子が集積されている。

このような配線での信号遅延の問題を解決する手段の 1 つとして、近年 SOI 基板が用いられるようになった。SOI 基板は、デバイスが形成される活性層と、これを支持する支持基板との間に、厚さ数十～数百  $\text{nm}$  の埋め込みシリコン酸化膜が介在された構成を有している。

この SOI 基板にあつては、埋め込みシリコン酸化膜によって各デバイス間が完全に分離されている。そのため、3 次元構造による多機能化を含むデバイスの高集積化が容易となり、高速動作が可能となり、ソフトウェアの低減および高信頼性が図れて、消費電力も抑えることができる。

【0003】

【非特許文献1】 Semiconductor Wafer Bonding, Q. Y. Tong and U. Gosele, 1999, John Wiley & Son

【0004】

SOI基板は通常数十Å（オングストローム）～20μm程度の薄膜の活性層を有する。特に活性層の厚さが数μm以下のSOI基板を作製する方法の一つとして、スマートカット法（特許文献1, 2）が知られている。これは、活性層用ウェーハに水素などの軽元素をイオン注入し、その注入部分から活性層用ウェーハの不要部分を割って剥離するものである。より具体的には、シリコン酸化膜の一部分を埋め込みシリコン酸化膜として、活性層用ウェーハと支持基板用ウェーハとを貼り合わせてから熱処理を施し、活性層をその水素イオンの注入部分から分割して剥離することで、薄膜の活性層を有するSOI基板が作製される。

ところで、剥離された直後の活性層は、膜厚が水素イオン注入のエネルギーによって制御されるため、マクロな膜厚均一性が良好である。しかしながら、一方ミクロな面、すなわち、活性層の表面の粗さは非常に大きい。この剥離後の活性層表面の粗さ低減のために、化学的作用と機械的作用とを同時に利用する化学的機械的研磨（CMP: Chemical Mechanical Polishing）が施される（非特許文献2）。このCMP処理によってのみ、ポリッシュドウェーハ（Polished Wafer）の表面と同程度の活性層の表面粗さが得られている。

また、剥離する面は水素イオン注入により形成されたダメージ層の中であるため、剥離後の活性層表面には、ある深さのダメージ層が存在する。この活性層表面のダメージ層は、デバイス形成において障害となるため、取り除くことが必要となる。このダメージは、基板内に注入された水素イオンが減速する際に導入されるため、ある一定（実用的な条件では1000Å程度）以上の膜厚が必ず存在する。このダメージ層除去に加えて活性層膜厚を目的の膜厚に調整することを目的に、CMPに加えて、水素を含む還元雰囲気中で熱処理する水素アニール、活性層に酸化膜を形成後、この酸化膜を除去する酸化膜除去が、組み合わせて施される（特許文献3）。

## 【0005】

【特許文献1】 米国特許第5374564号明細書

【特許文献2】 米国特許第6020252号明細書

【非特許文献2】 IEICE Trans, Electron, Vol, E80C, No. 3, Page 358

【特許文献3】 特開2000-124092号公報

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような従来の貼り合わせ法によるSOI基板の製造方法によれば、以下の欠点があった。

すなわち、(1) 研磨装置を利用し、活性層の表面に化学的機械的研磨を施す際には、活性層の膜厚分布が悪化するおそれがあった。これは、研磨装置による研磨が、研磨ヘッドにSOI基板を保持し、その活性層の表面を研磨定盤上の研磨布に押し付けて研磨することにより、ウェーハ外周部に研磨ダレが発生しやすいためである。この傾向はCMPの取り代が増加すると顕著になるため、CMPだけで活性層の膜厚調整を行うには限界があった。

また特に、(2) 活性層の厚さが200nm以下と薄膜化した場合、CMP時に、貼り合わせ界面に存在するマイクロボイドに起因して活性層の剥がれが生じるという問題がある。このマイクロボイドは、貼り合わせるウェーハの表面に存在するミクロな凹凸に由来し、X線トポグラフィや超音波法で観察されるmmオーダーのマクロなボイドとは異なり、通常行われる貼り合わせ熱処理（後述）では、このマイクロボイドを消滅させることができないと考えられている。

さらに、(3) 活性層の表面を水素アニールする際には、例えば水素ガス雰囲気中で1200℃、1時間という高温アニールを施す。そのため、プロセスが複雑化し、コスト高になっていた。さらには、直径300mmといった大口径ウェーハを水素アニールする場合には、枚葉処理が一般的であることから、スループットが低下していた。

さらにまた、(4) 酸化膜除去により活性層の表面粗さ低減処理を行う場合には、例えば貼り合わせ基板を熱酸化処理炉に挿入し、酸化性ガスの雰囲気中で貼

り合わせ基板を熱処理することで、活性層の表面のダメージ部分を含めて熱酸化処理され、シリコン酸化膜が形成される。その後、貼り合わせ基板をHF洗浄液により洗浄し、活性層の表面のダメージ部分がシリコン酸化膜とともに除去される。この酸化膜除去法によれば、このようにプロセスが複雑化し、長い処理時間が必要であった。また、コスト高にもなりやすかった。さらに、熱処理を伴うため、活性層に金属汚染が発生する可能性もあった。

#### 【0007】

そこで、発明者は、鋭意研究の結果、剥離後の活性層の表面に対して、エッチング作用を有する溶液を使用し、1nm～1μmという微小量のエッチングを行えば、均一な膜厚で低表面粗さの活性層を得ることができ、しかもこのような表面粗さ低減処理のプロセスが単純化され、この処理コストを低減できることを知見した。

しかも、このように溶液を使ったウェットエッチングであるので、バッチ処理を採用することが可能になる。その結果、処理時間が短縮し、スループットを高めることができる。また、このウェットエッチングには、ダメージを導入せず、また除去可能な利点がある。この点は特に、活性層の厚さが200nm以下と薄膜化した場合、CMP時の貼り合わせ界面に存在するマイクロボイドに起因した活性層の剥がれを防ぐ点で、大きな効果がある。さらには、このウェットエッチングでは加熱処理を伴わないため、活性層に金属汚染が発生するおそれがほとんどないことを知見し、この発明を完成させた。

洗浄を目的とした薬液処理にはエッチングを伴うものもあるが、この発明は、このエッチング作用を積極的に利用し、適切なエッチング時間を設定し、活性層の厚さを制御する点において通常の洗浄処理とは異なるものである。

#### 【0008】

##### 【発明の目的】

この発明は、表面全体の厚さが均一で低表面粗さの活性層が得られ、しかもこの表面粗さ低減処理プロセスを単純化することができ、その結果、処理コストの低減が図れ、さらにはバッチ処理が可能となり、これにより処理時間が短縮してスループットが高まり、活性層のはがれや、金属汚染のおそれもほとんどない貼



り合わせ基板およびその製造方法を提供することをその目的としている。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、活性層用ウェーハの一部を剥離して形成された活性層と、支持基板用ウェーハとの間に、活性層の厚さを制御する目的で、剥離後の上記活性層の表面が、エッチング作用を有する溶液により1nm～1μmだけエッチングされ、最終活性層の厚さを200nm以下とした貼り合わせ基板である。

前述のスマートカット法によるSOIウェーハの製造方法では、シリコン酸化膜が形成された活性層用ウェーハの表面から水素などの軽元素をイオン注入し、それからイオン注入面を貼り合わせ面として活性層用ウェーハと支持基板用ウェーハとを室温で貼り合わせ、その後、400℃以上の温度で熱処理する。このとき、活性層をその水素イオンの注入部分から分割して剥離することで、活性層を有するSOI基板が作製される。その後、貼り合わせ力を増強するために、さらに1000℃以上の温度で熱処理する。

#### 【0010】

活性層用ウェーハおよび支持基板用ウェーハとしては、例えば単結晶シリコンウェーハを採用することができる。また、さらに単結晶シリコンウェーハ上にSi, SiGe, SiCなどの単結晶膜をエピタキシャル成長したものを用いても良い。

この発明は、特に、活性層が200nm以下のSOI基板の製造において、大きな効果を発揮する。また、埋め込み酸化膜の厚さは、例えば数十～数百nmである。

好ましいエッチング量は5nm～500nmである。1nm未満では、エッチング量が少な過ぎて、エッチングの効果が得られない。また、1μmを超えるとエッチング量が多過ぎて、活性層の膜厚コントロールがしにくい。

エッチング作用を有する溶液としては、例えばSC-1洗浄液を採用することができる。その他、HF/HNO<sub>3</sub>系の混酸などの酸性エッチング液、KOH, NaOHなどのアルカリ性エッチング液を採用することができる。

## 【0011】

請求項2に記載の発明は、活性層用ウェーハの一部を剥離して支持基板上に形成した活性層の表面を、活性層の厚さを制御することを目的に、エッチング作用を有する溶液により1nm～1μmだけエッチングして最終活性層の厚さを200nm以下とする貼り合わせ基板の製造方法である。

## 【0012】

請求項3に記載の発明は、上記エッチングでのエッチング速度が、100nm/分以下である請求項2に記載の貼り合わせ基板の製造方法である。

好ましいエッチング速度は0.1～10nm/分である。100nm/分を越えると正確な膜厚制御のためのプロセスマージンが減少する不都合が生じる。

## 【0013】

請求項4に記載の発明は、上記エッチング作用を有する溶液が、アルカリ剤と酸化剤とを含むpH9以上の溶液である請求項2または請求項3に記載の貼り合わせ基板の製造方法である。

アルカリ剤としては、例えばアンモニア水を採用する。その他、水酸化ナトリウム水溶液、水酸化カリウム水溶液などを使用することができる。また、酸化剤としては、例えば過酸化水素水を採用する。その他、オゾン水溶液などを使用することができる。

この溶液の好ましいpHは、pH9～pH13である。pH9未満ではアルカリとしてのエッチング能力が充分ではなく、pH13を越えるとエッチング速度が速すぎるなどの問題が生じる可能性がある。

## 【0014】

請求項5に記載の発明は、上記アルカリ剤がアンモニア水溶液、上記酸化剤が過酸化水素水である請求項4に記載の貼り合わせ基板の製造方法である。

アンモニア水溶液と過酸化水素水との混合溶液としては、例えばSC-1洗浄液が挙げられる。SC-1洗浄液を構成するアンモニア：過酸化水素水：水の容積配合比は、通常1：x：y（x=1～2、y=5～100）である。

SC-1洗浄液の液温は10～95℃、好ましくは30～90℃である。10℃未満ではエッチング能力が充分ではなく、95℃を超えるとアンモニア水の蒸

発が激しく組成の制御が困難となる。

#### 【0015】

請求項6に記載の発明は、上記エッチング後、上記活性層の厚さを測定し、得られた測定データに基づき、この活性層の厚さがその全域で所定厚に近づくまで、上記エッチングを繰り返す請求項2～請求項5のうちのいずれか1項に記載の貼り合わせ基板の製造方法である。

活性層の厚さを測定する装置としては、例えば活性層の表面に偏光を入射させ、反射光の偏光状態の変化を測定することで、活性層の厚さを測定する分光エリプソメータを採用することができる。

活性層の厚さの測定は、活性層の表面をエッチングする度に行ってもよい。また、エッチングを所定回数だけ繰り返し、その後、膜厚を測定してもよい。

#### 【0016】

請求項7に記載の発明は、上記エッチング後の活性層またはエッチング前の活性層の表面に対して、(1)化学的作用と機械的作用を同時に利用する化学的機械的研磨、(2)水素を含む還元雰囲気中で熱処理する水素アニール、(3)上記活性層にシリコン酸化膜を形成し、その後、上記剥離時の活性層のダメージ部分とともに酸化膜を除去する工程のうちの少なくとも1つを施す請求項2～請求項6のうちのいずれか1項に記載の貼り合わせ基板の製造方法である。

#### 【0017】

(1)CMP用の研磨装置は限定されない。枚葉式でも、バッチ式でもよい。また、半導体ウェーハの片面だけを研磨する片面研磨装置でも、半導体ウェーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨装置でもよい。

さらに、研磨定盤と、これに対向配置される研磨ヘッドとを備え、この研磨ヘッドの研磨定盤との対向面に、バックパッドを介して、半導体ウェーハを水張りするワックスレスタイプの片面研磨装置でもよい。

研磨布としては、例えばスウェードタイプの連続発泡パッドが挙げられる。また、ポリエステルフェルトにポリウレタンを含浸させた多孔性の不織布タイプの研磨布でもよい。また、発泡したウレタンブロックをスライスした発泡性ウレタンタイプでもよい。

研磨剤としては、例えばコロイダルシリカ（シリカゾル）やヒュームドシリカなどの遊離砥粒を含むスラリーを採用することができる。また、酸化セリウムを使用したセリア系スラリーも採用することができる。また、砥粒を含まない液体でいわゆる無砥粒研磨を行ってもよい。さらには、研磨剤を使わず、固定砥粒方式の研磨布を使用してもよい。

(2) 水素アニールでは、アニール装置を使用し、水素ガス100%の雰囲気中で、1000～1350℃、10分～2時間の熱処理を行う。これにより、活性層の表面が溶解流動して低表面粗さの面となる。しかも、活性層中の酸素析出欠陥が低減し、その活性層の品質も高まる。

(3) ここでいう酸化膜除去は、俗に犠牲酸化と称されるウェーハ表層のダメージ除去などに使用される技術である。具体的には、SOI基板を熱酸化処理炉に挿入し、酸化性ガスの雰囲気中でSOI基板を800～1350℃、10分～50時間だけ熱処理することで、水素イオン注入時のダメージ部分を含めて活性層の表面に厚さ2nm～2.25 $\mu$ mのシリコン酸化膜を形成する。その後、例えば浸漬法などにより、活性層の表面にHF洗浄液を接触させてシリコン酸化膜を溶失させる。この際、剥離時に面あれした活性層の表層部分がシリコン酸化膜とともに除去される。

#### 【0018】

これらの(1)～(3)の処理は、例えばエッチング後、それぞれ単独で施すことができる。その他、(1)～(3)のうち、何れか2つを選択的に実施してもよい。さらには、(1)～(3)の全ての処理を実施してもよい。具体的には、(a) エッチング→CMP→酸化膜除去（シリコン酸化膜厚さ300nm未満）、(b) エッチング→CMP→エッチング、(c) エッチング→水素アニール、(d) 酸化膜除去→CMP→エッチング、(e) 酸化膜除去→エッチング、(f) CMP→ドライエッチング→エッチング、(g) CMP→エッチングなどが挙げられる。

#### 【0019】

##### 【作用】

請求項1に記載の貼り合わせ基板および請求項2に記載の貼り合わせ基板の製

造方法によれば、活性層用ウェーハの一部を剥離して活性層を形成後、この活性層の表面を、エッチング作用を有する溶液により、1 nm～1 μmだけエッチングする。その結果、最終活性層の厚さが200 nm以下となる。これにより、剥離後の活性層の膜厚をその表面全体で均一化し、かつこの表面を低表面粗さとするプロセスが単純化され、コスト低下させることができる。しかも、エッチング液によるウェットエッチングであるので、複数枚のウェーハを一度に処理するバッチ処理が可能で、これにより処理時間の短縮が図れ、スループットも高められる。さらには、例えば従来の水素アニール時、酸化膜除去時およびドライエッチング時とは異なり、加熱処理を伴わない処理となるので、活性層に金属汚染が発生するおそれがほとんどない。

#### 【0020】

特に、請求項6に記載の貼り合わせ基板の製造方法によれば、エッチング後、活性層の厚さを測定し、その測定データに基づき、1 nm～1 μmの範囲で次回のエッチング量を決定する。これにより、安定的に活性層の厚さを表面全域で均一化することができる。

#### 【0021】

そして、請求項7に記載の貼り合わせ基板の製造方法によれば、エッチング後の活性層の表面に対して、(1) 化学的機械的研磨、(2) 水素アニール、(3) 酸化膜除去のうちの少なくとも1つを施すので、剥離後の活性層の膜厚の表面全体での均一性を高めることができ、しかも活性層の表面の粗さを小さくすることができる。

#### 【0022】

##### 【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施例を図面を参照して説明する。

図1は、この発明の第1の実施例に係る貼り合わせ基板(SOI基板)の製造方法を示す流れ図である。

図1に示すように、まずCZ法により引き上げられた単結晶シリコンインゴットに、スライス、面取り、ラッピング、エッチング、研磨を施すことで、厚さ725 μm、直径200 mm(8インチ)の片面または両面が鏡面に仕上げられた

活性層用ウェーハ10を用意する(図1(a))。一方、この活性層用ウェーハ10と同じ製法により、同じ厚さ、同一口径の鏡面仕上げされた支持基板用ウェーハ20を用意する(図1(b))。このうち、活性層用ウェーハ10を熱酸化炉に挿入し、炉内に所定量の酸素ガスを流し込みながら900℃で熱酸化処理する。これにより、活性層用ウェーハ10の露出面の全体に、厚さ2000Å(オングストローム)の絶縁性のシリコン酸化膜10aが形成される。なお、活性層用ウェーハでは、支持基板とその性質を変えるために、上記の酸化膜の代わりに表面にエピタキシャル層を形成してもよい。

### 【0023】

活性層用ウェーハ10には、中電流イオン注入装置を使用し、ウェーハ表面側から水素イオンを $5.0 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^2$ で注入する。注入深さは約3450Å(オングストローム)、加速電圧は28.5keVである。これにより、活性層用ウェーハ10の表層に水素イオン注入層(注入ダメージ層)10bが形成される(図1(a))。

その後、活性層用ウェーハ10の表面と支持基板用ウェーハ20の鏡面とを貼り合わせ面とし、活性層用ウェーハ10と支持基板用ウェーハ20とを重ね合わせて(室温~50℃)、貼り合わせウェーハ30を形成する(図1(c))。この貼り合わせにより、活性層用ウェーハ10と支持基板用ウェーハ20との間に介在されたシリコン酸化膜10aの部分が埋め込みシリコン酸化膜30aとなる。埋め込みシリコン酸化膜30aの厚さは、2000Åである。

なお、支持基板も表面を酸化してから活性層用基板と貼り合わせても良い。

### 【0024】

次に、この貼り合わせウェーハ30を貼り合わせ用の熱酸化炉に挿入し、酸素ガスの雰囲気下で、500℃、1時間のバブル形成用の熱処理を施す(図1(d))。その結果、活性層用ウェーハ10の内部の水素イオンが成長し、多数の水素バブルの密集領域が現出し、この領域から活性層用ウェーハ10の不要部分が剥離される。この結果、活性層用ウェーハ10が減厚され、厚さ2μm程度の薄膜の活性層10Aが形成される。剥離された活性層用ウェーハ10の不要部分は、支持基板用ウェーハ20として再利用することできる。

次に、引き続き 1100℃、2 時間の熱処理を行う。これにより、活性層用ウェーハ 10 と支持基板用ウェーハ 20 との貼り合わせ強度が増強される（図 1（e））。

#### 【0025】

その後、この不要部分が除去された貼り合わせウェーハ 30 を、エッチング作用を有する溶液により若干量だけエッチングする（図 1（f））。ここでは、エッチング液として、SC-1 溶液が採用されている。SC-1 溶液は、アルカリ剤としてアンモニア水、酸化剤として過酸化水素水を含む溶液のことであり、その組成として例えばアンモニア水：過酸化水素水：水の容積配合比が 1：2：10 のようなものが用いられる。

別途、複数枚の 8 インチ SOI ウェーハを、図示しない 25 枚用ウェーハカセットに装填し、これを洗浄槽内の上記組成の SC-1 溶液（温度 85℃）に浸漬した実験の結果を追記する。エッチング時間は 90 分である。後述する膜厚測定装置でエッチング前後の膜厚を測定（Edge Exclusion 5mm、面内 81 点）することで求めたエッチング取り代は、ウェーハカセットのスロット 2 で面内平均 922 Å（angstrom）、面内 Max-Min 44 Å、スロット 13 で面内平均 936 Å、面内 Max-Min 51 Å、スロット 24 で面内平均 952 Å、面内 Max-Min 50 Å となった。このように、SC-1 溶液によるエッチングはその取り代が大きいにもかかわらず、バッチ内やウェーハ面内のばらつきが小さく抑えられ、生産性と制御性の高い薄膜化の手法であることがわかる。この観点では、貼り合わせウェーハの薄膜化で従来行われている CMP に対して圧倒的に有利である。例えば、従来方法の CMP を用いて我々が行った試験においては、研磨圧力 160 gf/cm<sup>2</sup>、研磨定盤回転数 50 rpm、研磨ヘッド回転数 50 rpm、スラリー流量 0.3 L (liter) /min、研磨時間 CMP 3 min の条件で形成された活性層の面内平均膜厚は 1103 Å、面内 Max-Min 膜厚は 326 Å に及んだ。この実験からも、CMP による取り代を表面粗さの低減に必要な最小限度に抑え、膜厚制御は、この発明法に記載のエッチング法を主に行うことが有効といえる。

次に、貼り合わせウェーハ 30 のエッチング後の活性層 10 Å の膜厚を測定す

る（図 1（g））。ここでは、分光エリプソメータ（商品名 SOPRA-MOS-E S 4 G）が用いられる。そして、測定後のデータを評価し、活性層 10 A の膜厚が予め設定した所定値に到達（表面全域で均一）していれば、SOI 基板が作製されたことになる。その後、得られた SOI 基板は、通常、各種測定評価後に、測定器由来の汚染やパーティクルを除去するために、仕上げの洗浄を行い、所定枚数をウェーハケースに挿填し、袋詰め後、デバイスメーカーに出荷される。この洗浄の際にエッチング作用を有する洗浄液を使用する場合は、この最終洗浄での活性層取り代を考慮し、各種測定評価前までの活性層膜厚を調整する必要がある。また、膜厚測定評価にて、活性層の膜厚が上記所定値に到達していないと判断されたものについては、活性層の膜厚が所定値となるまで、SC-1 エッチングと膜厚測定とを繰り返す。

#### 【0026】

このように、活性層用ウェーハ 10 の一部を剥離して活性層 10 A を形成後、SC-1 洗浄液により、活性層 10 A の表面をエッチングするようにしたので、剥離後の活性層 10 A の膜厚がその表面全体で均一で、かつ低表面粗さとすることが出来る。しかも、このときの表面粗さ低減処理のプロセスが単純化され、その処理コストを低減させることができる。また、ここでのエッチングは、SC-1 洗浄液を使用したウエットエッチングである。そのため、前述した洗浄槽を使用したバッチ式のエッチングが可能となり、処理時間の短縮が図れ、スループットも高まる。しかも、加熱処理を伴わないので、活性層 10 A に金属汚染が発生するおそれもほとんどない。

また、エッチング後、活性層 10 A の厚さを測定し、その測定データに基づき、次回のエッチング量を決定するので、活性層 10 A の厚さをその表面全体で確実に均一化することができる。さらに、第 1 の実施例ではエッチング作用を有する溶液として SC-1 洗浄液を採用したので、既存の SC-1 の洗浄技術をそのまま利用し、所望の量のエッチングを簡単に制御することができる。

#### 【0027】

次に、図 2 を参照にして、この発明の第 2 の実施例を説明する。

図 2 は、第 2 の実施例に係る貼り合わせ基板（SOI 基板）の製造方法を示す



流れ図である。

第2の実施例では、第1の実施例と同じ手順で、活性層用ウェーハへの水素イオン注入、これと支持基板用ウェーハとの貼り合わせ、貼り合わせ基板のバブル形成用および貼り合わせ強度を高めるための熱処理、イオン注入部分からの剥離などを経て、SC-1洗浄液により活性層の表面をエッチングする。その後、この表面に対してCMP処理、酸化および酸化膜除去を順次施した例である。

この場合、剥離直後の活性層の表面粗さは6.17nm(Rms)である。

上記SC-1エッチングは135分間行い、その剥離表面からの取り代は166.2nmである。

次のCMPでの研磨取り代は17.8nmである。この活性層表面の粗さは3.21nm(Rms)である。研磨圧力は160gf/cm<sup>2</sup>、研磨定盤の回転数は50rpm、研磨ヘッドの回転数は50rpm(定盤と同方向回転)、スラリー流量は0.3リットル/分、研磨時間は1分間とする。

次の酸化工程での条件は、ドライO<sub>2</sub>の雰囲気中、1150℃、3時間の酸化を行うものとする。

また、その表面酸化膜の除去(HF液へのディップ)では、その取り代は192.4nm、活性層表面の粗さは5.09nm(Rms)となる。

以上のようにこの実施例では剥離面をSC-1エッチングすることにより、その剥離面について粗さを低減することができた。

このように、SC-1洗浄液によるエッチング後、CMP、酸化、酸化膜除去等の工程を順次施すので、剥離後の活性層の膜厚の表面全体での均一性を高めることができる。さらに、活性層の表面の粗さも低減される。

その他の構成、作用および効果は、第1の実施例より推測可能な範囲であるため、説明を省略する。

#### 【0028】

次に、この発明の第3の実施例を説明する。

図3は、この発明の第3の実施例に係る貼り合わせ基板(SOI基板)の製造方法を示す流れ図である。

この実施例では、第2の実施例と同じ手順で、活性層用ウェーハへの水素イオ

ン注入、これと支持基板用ウェーハとの貼り合わせ、貼り合わせ基板のバブル形成用熱処理および貼り合わせのための熱処理、イオン注入部分からの剥離などを経て、SC-1洗浄液により活性層の表面をエッチングする。その後、酸化および酸化膜除去を順次施した例である。

この場合、剥離直後の活性層の表面粗さは6.32nm(Rms)である。

上記SC-1エッチングは135分間行い、その剥離表面からの取り代は165.5nmである。活性層の表面粗さは5.09nm(Rms)である。

次の酸化工程での条件は、ドライO<sub>2</sub>の雰囲気中、1150℃、3時間の酸化を行うものとする。

また、その表面酸化膜の除去(HF液へのディップ)では、その取り代は195.7nm、活性層の表面粗さは2.07nm(Rms)となる。

以上の結果、剥離面をSC-1エッチングし、これに犠牲酸化を施すことにより、その剥離面について粗さを低減することができた。すなわち、SC-1に犠牲酸化を組み合わせることで、CMPを行わずとも、表面粗さを低減することが可能となるのである。

#### 【0029】

図4は、この発明の第4の実施例に係る貼り合わせ基板(SOI基板)の製造方法を示す流れ図である。

この実施例では、上記実施例と同じ手順で、活性層用ウェーハへの水素イオン注入、これと支持基板用ウェーハとの貼り合わせ、貼り合わせ基板のバブル形成のための熱処理および貼り合わせのための熱処理(これらの熱処理は連続して行う)、イオン注入部分からの剥離などを経て、活性層の表面を水素アニール処理を行う。その後、この表面に対してCMP処理を行い、さらには、この表面にSC-1エッチングを行った例である。

この場合、剥離直後の活性層の表面粗さは6.17nm(Rms)である。

水素アニール処理は1135℃、1分間とする。取り代は6.8nmである。

次のCMPでの研磨取り代は41.9nmである。この活性層の表面粗さは0.21nm(Rms)である。また、このときの研磨圧力は160gf/cm<sup>2</sup>、研磨定盤の回転数は50rpm、研磨ヘッドの回転数は50rpm(定盤と同

方向回転)、スラリー流量は0.3リットル/分、研磨時間は1分間とする。

上記SC-1エッチングは47分間行い、その取り代は55.8nmである。  
活性層の表面粗さは1.73nm(Rms)である。

以上のように、この実施例では、剥離面を短時間の水素アニールとCMPとによる表面粗さを改善した後、SC-1エッチングを施している。CMPでは機械的な力が貼り合わせ界面に存在するマイクロボイド部分に作用し、活性層が剥がれるおそれがあったが、貼り合わせ界面に近い部分の活性層の薄膜化をSC-1エッチングで行うことにより、この剥がれを防止することができる。

### 【0030】

図5は、この発明の第5の実施例に係る貼り合わせ基板(SOI基板)の製造方法を示す流れ図である。

この実施例では、上記実施例と同じ手順で、活性層用ウェーハへの水素イオン注入、これと支持基板用ウェーハとの貼り合わせ、貼り合わせ基板のバブル形成のための熱処理および貼り合わせのための熱処理(これらの熱処理は連続して行っても良いし、別々に分けて行うこともできる)、イオン注入部分からの剥離などを経て、活性層の表面をSC-1エッチングを行う。その後、この表面に対してCMP処理、さらには、この表面に対して再度SC-1エッチングを行い、この後酸化および酸化膜除去を行った例である。

この場合、剥離直後の活性層の表面粗さは6.37nm(Rms)である。

上記SC-1処理は135分間行う。その取り代は166.8nmである。

次のCMPでの研磨取り代は27.3nmである。このときの研磨圧力は160gf/cm<sup>2</sup>、研磨定盤の回転数は50rpm、研磨ヘッドの回転数は50rpm(定盤とは同方向回転)、スラリー流量は0.3リットル/分、研磨時間は1.5分間とする。

上記SC-1エッチングは47分間行い、その取り代は55.8nmである。  
活性層の表面粗さは1.73nm(Rms)である。

次の酸化工程での条件は、ドライO<sub>2</sub>の雰囲気中、1150℃、3時間の酸化を行うものとする。

また、その表面酸化膜の除去(HF液へのディップ)では、その取り代は13

5.4 nm、活性層の表面粗さは1.00 nm (Rms) となる。

以上のように、この実施例では剥離面をSC-1エッチングすることにより、その剥離面について粗さを低減することができた。SC-1エッチングは活性層を薄膜化した後に限られない。

### 【0031】

ここで、実際に本発明法および従来法について、剥離後の活性層に対する表面粗さ低減処理後の活性層の膜厚の均一性と、活性層の表面の粗さとを比較調査した結果を報告する。表1中、SC-1エッチングは、第1の実施例の記載内容に準じた。また、CMPおよび酸化膜除去は、第2の実施例の記載内容に準じた。

### 【0032】

【表1】

	剥離後の活性層の表面に対する処理	膜厚均一性と表面粗さとの評価	
		膜厚均一性	表面粗さ
試験例1	SC-1	◎	- (処理前状態に大きく依存)
試験例2	SC-1→CMP→酸化膜除去(<300nm)	◎	◎
試験例3	SC-1→CMP→SC-1	◎	◎
試験例4	酸化膜除去→CMP→SC-1	◎	◎
試験例5	CMP→SC-1	○	◎
比較例1	CMP→水素アニール	○	◎
比較例2	CMP→酸化膜除去(>300nm)	○	◎
比較例3	酸化膜除去→水素アニール	○	△
比較例4	水素アニール	○	△

(凡例) ◎は評価が最良、○は評価が良、△は評価が普通を示す。

( )内の数値は、シリコン酸化膜(犠牲酸化膜)の膜厚を示す。

### 【0033】

表1から明らかなように、従来法に比べて本発明法の方が、活性層の膜厚の均一性およびその表面の粗さの何れについても良好であることが分かった。

### 【0034】

#### 【発明の効果】

請求項1に記載の貼り合わせ基板および請求項2～5に記載の貼り合わせ基板の製造方法によれば、活性層用ウェーハから剥離形成された活性層の表面を、エ

エッチング作用を有する溶液により  $1\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{ m}$  だけエッチングし、最終活性層の厚さを  $200\text{ nm}$  以下とするので、表面全域の厚さが均一で低表面粗さの活性層が得られ、またこのような剥離後の活性層の薄膜化プロセスを単純化することができる。その結果、この薄膜化プロセスコストを低減することができる。

しかも、エッチング液によるウエットエッチングであるので、複数枚を一度に処理するバッチ処理を採用することが可能である。これにより、処理時間が短縮し、スループットを高めることができる。さらには、従来の水素アニール時、酸化膜除去時とは異なり、加熱処理を伴わないウエットエッチングとなるので、活性層に金属汚染が発生するおそれがほとんどない。

特に、請求項 6 に記載の貼り合わせ基板の製造方法によれば、エッチング後、活性層の厚さを測定し、その測定データに基づき、 $1\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{ m}$  の範囲で次のエッチング量を決定するので、活性層の厚さをその表面全体で確実に均一化することができる。

さらに、請求項 7 に記載の貼り合わせ基板の製造方法によれば、剥離後の活性層の膜厚の表面全体での均一性が高まり、しかも活性層の表面の粗さもさらに低減することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

この発明の第 1 の実施例に係る貼り合わせ基板の製造方法を示す流れ図である。

##### 【図 2】

この発明の第 2 の実施例に係る貼り合わせ基板の製造方法を示す流れ図である。

##### 【図 3】

この発明の第 3 の実施例に係る貼り合わせ基板の製造方法を示す流れ図である。

##### 【図 4】

この発明の第 4 の実施例に係る貼り合わせ基板の製造方法を示す流れ図である。

【図 5】

この発明の第 5 の実施例に係る貼り合わせ基板の製造方法を示す流れ図である

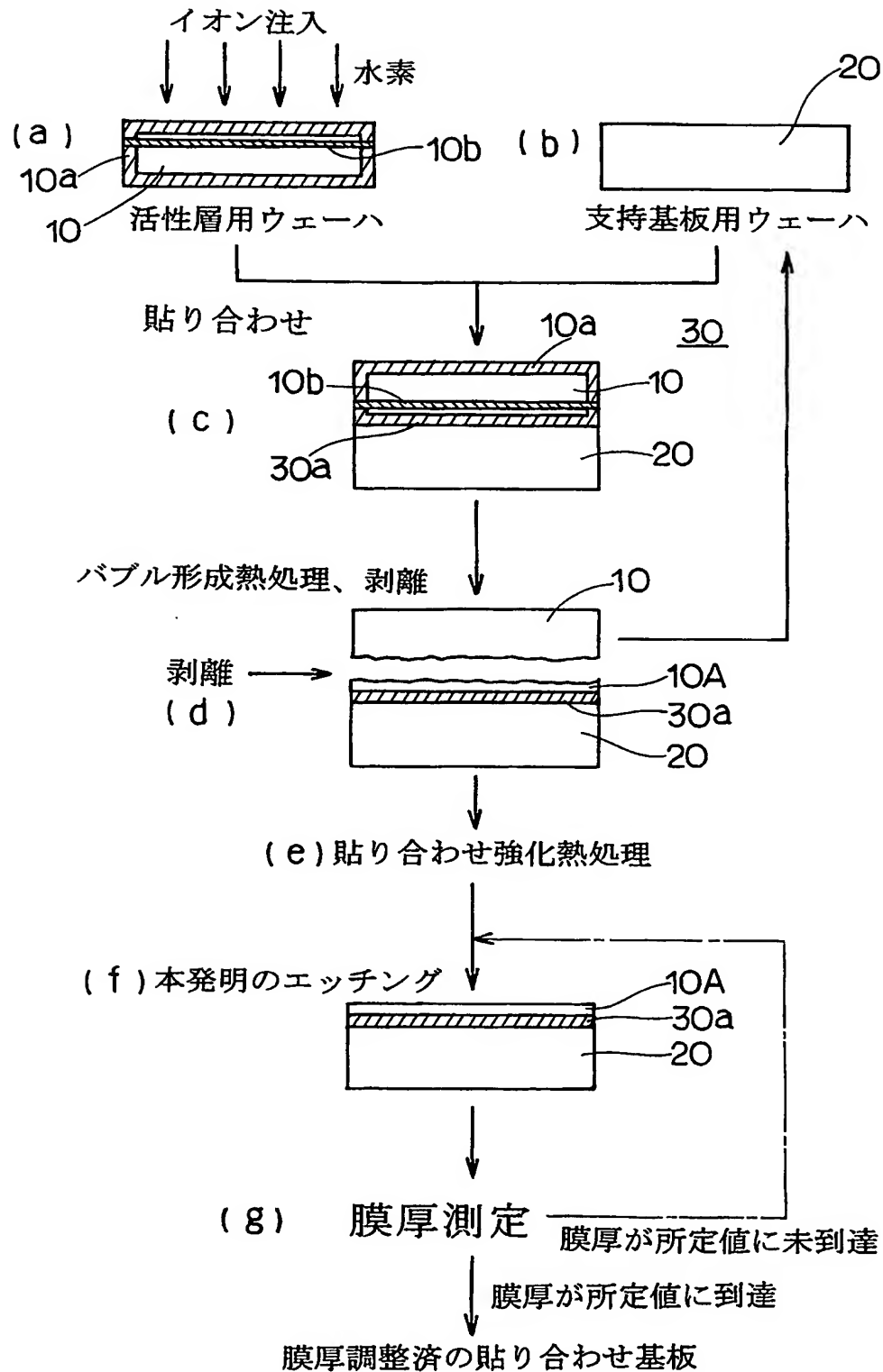
。

【符号の説明】

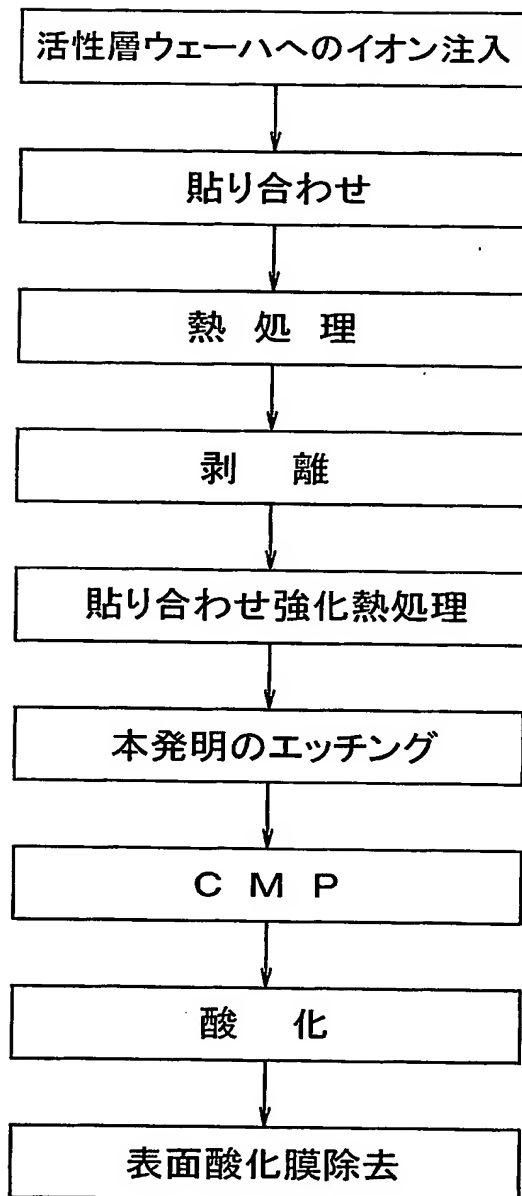
- 10 活性層用ウェーハ、
- 10A 活性層、
- 20 支持基板用ウェーハ、
- 30a 埋め込みシリコン酸化膜。

【書類名】 図面

【図 1】

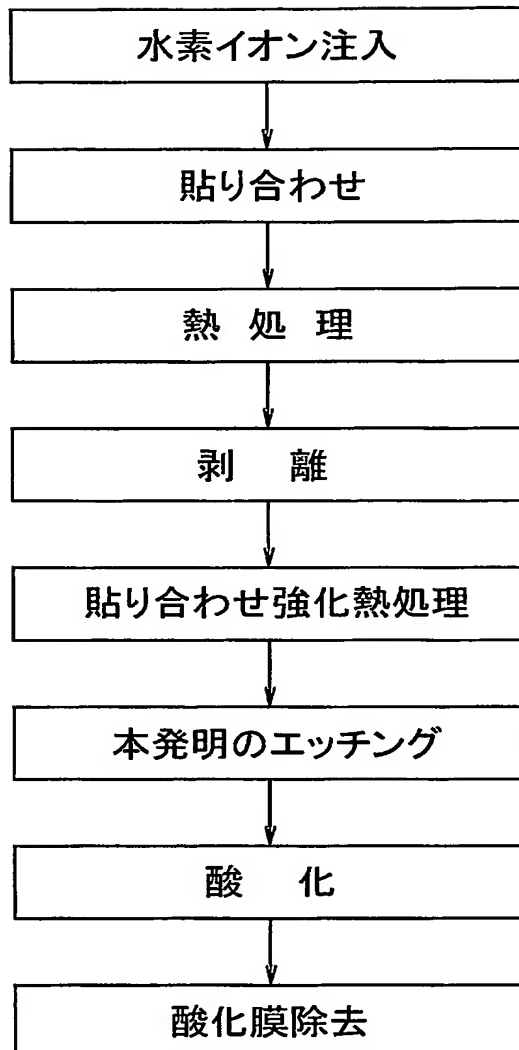


【図 2】

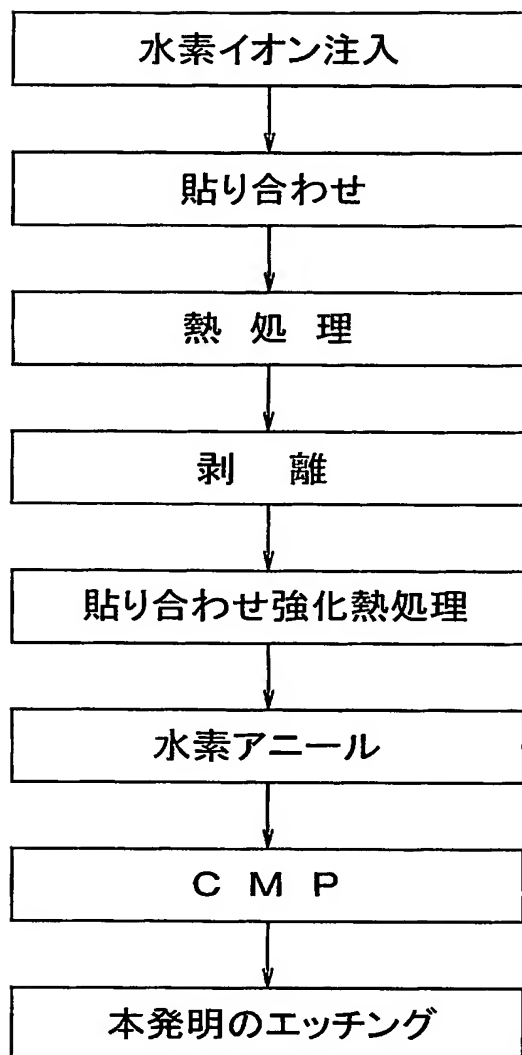




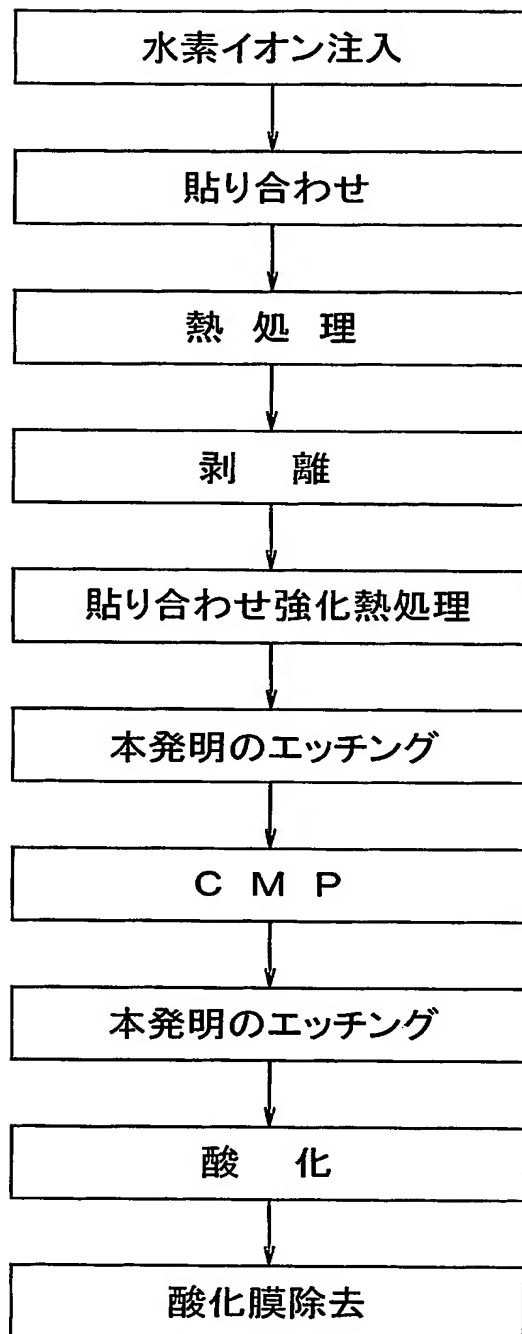
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 活性層の厚さがその表面全体で均一な貼り合わせ基板およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 剥離後の活性層 10 A の表面を、エッチング作用を有する溶液により 1 nm ～ 1  $\mu$  m だけエッチングし、最終活性層厚を 200 nm 以下とする。よって、この活性層 10 A の膜厚を表面全体で均一化し、その表面粗さを低減できる。しかも、そのプロセスが単純化され、その処理コストを低減できる。また、ウエットエッチングであるので、バッチ処理が可能で、これにより処理時間の短縮が図れ、スループットも高められる。さらには、加熱処理を伴わないので、活性層 10 A に金属汚染が発生するおそれがほとんどない。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 9 9 5 4 1
受付番号	5 0 3 0 0 5 5 2 4 0 2
書類名	特許願
担当官	神田 美恵 7 3 9 7
作成日	平成 1 5 年 4 月 2 8 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 4月 2日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 9 9 5 4 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 0 2 0 0 6 8 5 4 ]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号

氏 名

三菱住友シリコン株式会社

特願 2 0 0 3 - 0 9 9 5 4 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 5 0 3 1 2 3 1 6 3 ]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 4 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大韓民国ソウル市城東区杏堂1洞17

氏 名

学校法人 漢陽学園